Aus dem physiologischen Institut der Universität Breslau.

Experimentelle Untersuchungen über die Umkehrbarkeit des Blutstroms.

Inaugural-Dissertation

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau

zur

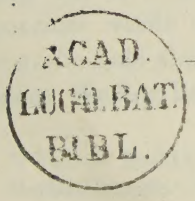
Erlangung der Doktorwürde

in der Medizin und Chirurgie

vorgelegt von

Marcus Rothmann,

Assistenten am physiologischen Institut.



Breslau 1912.

Druck der Breslauer Genossenschafts-Buchdruckerei, E. G. m. b. H.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Breslau.

Referent: Professor Dr. Hürthle.

Die moderne Gefäßchirurgie, um deren Erfindung und weitere Ausbildung besonders Payr, Carrel und Stich sich sehr verdient gemacht haben,[1]) hat, abgesehen von der Möglichkeit durchtrennte Gefäße wieder zu vereinigen, Organe zu transplantieren usw., zum ersten Male auch die Herstellung dauerhafter arterio-venöser Anastomosen ermöglicht. Dadurch wurde die Aufmerksamkeit der Chirurgen auf ein neues Problem hingelenkt, nämlich das der Umkehrbarkeit des Blutstroms.

Der erste, der sich experimentell mit dieser Frage beschäftigte, war der spanische Chirurg San Martin y Satrustegui.[2]) Er intubierte bei Hunden die Carotis in die V. jugularis, erhielt jedoch in allen Fällen Thrombose mit nachfolgender Gefäßobliteration durch Organisation der Thromben. Trotzdem legte er in zwei Fällen von arteriosklerotischer Beingangrän beim Menschen eine Anastomose zwischen A. und V. femoralis an, um dem bedrohten Gliede auf dem Venenwege den ernährenden Blutstrom zuzuführen; der Erfolg war in beiden Fällen kein befriedigender. Dessen ungeachtet wurde in der Folgezeit von anderen Chirurgen eine große Zahl ähnlicher Operationen ausgeführt, besonders seitdem Wieting-Pascha bei einem 40jährigen Patienten

---

[1]) Vgl. S. Hadda, Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Gefäßchirurgie. Berl. Klin. W. 1910, pag. 5.

[2]) Vgl. H. Coenen und Wiewiorowski, Über das Problem der Umkehr des Blutstroms und die Wietingsche Operation. Bruns, Beitr., Bd. 75, pag. 313. 1911.

über einen vollen Erfolg berichtet hatte.[3]) Neuerdings hat derselbe Autor vier weitere Fälle publiziert, bei denen es ihm durch Anlegung einer Anastomose zwischen A. und V. femoralis gelungen ist, die drohende Beingangrän zu verhüten.[4])

Andere Autoren waren in ihren Erfolgen mit dieser Operation, die jetzt allgemein als die Wietingsche bezeichnet wird, viel weniger glücklich, so daß von verschiedenen Chirurgen die Wirksamkeit dieses Eingriffes stark bezweifelt wurde.

Dagegen gelang es einzelnen Operateuren,[5]) im Tierexperiment arterio-venöse Anastomosen mit anscheinend bestem Erfolge anzulegen: Die Tiere blieben am Leben und zeigten keinerlei Störungen. Carrel und Guthrie und vor allem auch Tuffier wollen in ihren Versuchen völlige Umkehr des Blutstroms, sogar direkt beobachtet haben — die Arterien füllten sich von der Peripherie her mit dunklem Blut — und zwar nach Anlegung einer Anastomose zwischen A. und V. femoralis beim Hunde. Sie schlossen daraus, daß die Venenklappen von dem andrängenden arteriellen Blutstrom in kurzer Zeit überwunden wurden.

Coenen und Wiewiorowski haben nun eine größere Anzahl von Tierexperimenten in derselben Weise vorgenommen,[6]) konnten jedoch von einer Umkehr des Blutstroms nichts bemerken. Vielmehr zeigte es sich, daß nach Anlegung der arterio-venösen Anastomose am Bein des Hundes (es wurde jeweils die End- zu Endvereinigung des zentralen Arterien- mit dem peripheren Venenstumpfe vorgenommen und die beiden anderen Stumpfe abgebunden)

---

[3]) Wieting, Die angiosklerotische Gangrän und ihre operative Behandlung durch arterio-venöse Intubation. D. med. W. 1908, pag. 1217.

[4]) Ders., Die angiosklerotische Gangrän und ihre operative Behandlung durch Überleitung des arteriellen Blutstroms in das Venensystem. D. Zeitschrift f. Chir., Bd. 110, pag. 364. 1911.

[5]) Vgl. H. Coenen und Wiewiorowski l. c.

[6]) l. c.

die Klappen der V. femoralis ein absolutes Hindernis für die Rückläufigkeit des Blutstroms in diesem Gefäße bildeten. Das hellrote arterielle Blut konnte nur bis zu den nächsten Klappen in die Vene vordringen; wurde letztere peripher von ihnen angeschnitten, so entleerte sich nur dunkles venöses Blut, welches von der Peripherie her nachströmte.

Wenn also die oben zitierten Autoren aus dem Wohlbefinden der operierten Tiere den Schluß gezogen hatten, daß die arterio-venöse Anastomose am Bein eine normale Ernährung durch einfache Umkehrung des Blutstroms bewirke, so war eben dieser Schluß ein Trugschluß. Denn Coenen und Wiewiorowski konnten zeigen, daß selbst nach einer Unterbindung der Aorta und V. cava inferior unmittelbar über der Dreiteilung die Tiere sich nach kurzer Zeit vollkommen normal befanden. Es ist daher nicht zu bezweifeln, daß nach Anlegung der arterio-venösen Anastomose am Bein nicht diese, sondern der in kurzer Zeit sich herstellende Kollateralkreislauf die weitere normale Ernährung der Extremität gewährleistet.

Ganz ähnliche Resultate gewannen die genannten beiden Autoren auch nach Anlegung von Anastomosen an den Halsgefäßen. Doch soll auf diese Versuche, sowie auch auf die an Nieren usw. vorgenommenen Injektionsversuche, welche ebenfalls die Unmöglichkeit der rückläufigen Durchströmung ergaben, hier nicht näher eingegangen werden.

Da die Ergebnisse der verschiedenen Autoren sich derartig schroff gegenüberstehen, habe ich den Versuch gemacht, diese Frage nochmals experimentell anzugreifen, und womöglich die Ursache der Widersprüche aufzudecken.

Das für die Untersuchung benutzte Organ resp. Stromgebiet mußte zwei Bedingungen erfüllen. Erstens sollte es möglichst in sich abgeschlossen sein, d. h. nur eine zuführende Arterie und eine abführende Vene besitzen, und zweitens eine direkte Beobachtung des Kapillarstroms ge-

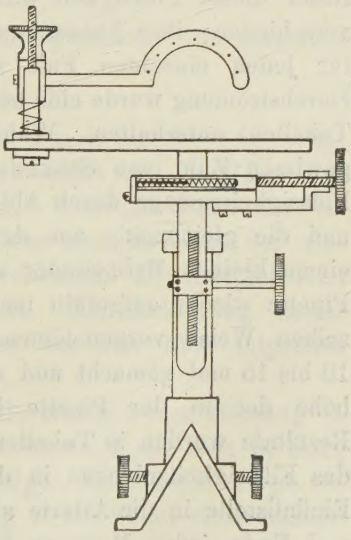
statten. Ein Organ, welches diese beiden Bedingungen erfüllt, ist der Froschdarm mit seinem Mesenterium. An ihm kann man bei verhältnismäßig schwacher Vergrößerung (wegen der Größe der Blutkörperchen) und daher relativ großem Gesichtsfelde den Blutstrom in den Arterien, Venen und den in großer Zahl vorhandenen Kapillaren ausgezeichnet beobachten. Ich habe mich daher zunächst dieses Objekts für meine Versuche bedient.

Für die Untersuchungen fanden möglichst große Exemplare von Rana esculenta (zufällig ausschließlich Weibchen) Verwendung. Die Tiere erhielten ungefähr $^1/_2$ Stunde vor Beginn des Versuchs 2—3 ccm einer 25%igen Urethanlösung unter die Haut gespritzt. Dadurch wurde eine viele Stunden anhaltende tiefe Narkose erzeugt mit Aufhebung sämtlicher Reflexe.

Die Präparation gestaltete sich dann folgendermaßen: Mit der Schere wird die Bauchhaut von der Symphyse bis zum Kinn in der Mittellinie durchtrennt; dann wird die pars ossea sterni quer und der ganze Brustring in der Medianlinie gespalten. In der weitklaffenden Öffnung erscheint das pulsierende Herz. Nun wird die pars cartilaginea sterni mit einer Pinzette hochgehoben und die Bauchdecken werden rechts und links von der V. abdominalis durch zwei parallele Scherenschnitte gespalten. Es folgt die doppelte Unterbindung und Durchtrennung der V. abdominalis möglichst nahe an ihrer Einmündung in die V. portae hepatis. Der nunmehr an drei Seiten freie, aus der Bauchmuskulatur und dem zugehörigen Stück des Peritoneum parietale bestehende Lappen wird nach unten umgeschlagen, so daß die Baucheingeweide jetzt vollkommen frei liegen. Es folgt die Unterbindung des Mesenteriums der Eierstöcke und deren Abtragung. Nun wird Magen und Darm nach rechts hinübergelagert und die Stelle aufgesucht, an der die paarige Brustaorta sich zu dem einheitlichen Stamme der Aorta abdominalis vereinigt. An diesem Winkel entspringt auch die Hauptintestinalarterie des Frosches, die A. intestinalis communis.

Über ihr wird das parietale Peritoneum gespalten und unter ihr werden zwei dünne Seidenfäden hindurchgeführt. Der eine dient zum Abschnüren der Arterie an ihrer Ursprungsstelle, der andere zum Festbinden einer feinen peripherwärts in die Arterie eingeführten Glaskanüle. Jetzt wird der ganze Intestinaltraktus nach links hinübergelagert und der Stamm der Leberpfortader aufgesucht, der innerhalb des Corpus pancreatis verläuft. In sie wird in derselben Weise eine zweite Kanüle eingebunden. Es folgt die Eröffnung des Herzbeutels und die Unterbindung und Abtragung des Herzens. Letzteres wurde deshalb unternommen, um eventuell durch Nebenbahnen ins Mesenterium gelangende Ströme mit Sicherheit zum Stillstand zu bringen.

Um den Kreislauf in den Mesenterialgefäßen bequem der Beobachtung zugänglich zu machen, benutzte ich eine Vorrichtung (vgl. Figur), welche von Herrn Geheimrat Hürthle angegeben worden ist, und im hiesigen physiologischen Institut seit vielen Jahren dazu dient, am lebenden Frosch den Mesenterialkreislauf mittels des Projektionsapparates zu demonstrieren.



Diese Vorrichtung besteht aus einem Tischchen, dessen Fuß auf dem Reiter einer optischen Bank festgeschraubt werden kann, und dessen Platte durch je eine Schraube in vertikaler und horizontaler Richtung verschieblich ist. Auf ihm ist ein halbkreisförmig gebogenes Metallstück so montiert, daß es in geringer Höhe über der Tischplatte, die Konkavität nach unten gerichtet, in die Vertikalebene zu liegen kommt. Dieser Metallbogen besitzt einige Durch-

bohrungen, an welchen der Darm des mitten unter dem Bogen in Rückenlage befindlichen Frosches vermittels dünner Seidenfäden aufgehängt werden kann. Auf diese Weise wird das Mesenterium in der Sagittalebene des Tieres, d. h. vertikal ausgespannt und das Gefäßgebiet der mikroskopischen Beobachtung zugänglich gemacht.

Die Beleuchtung des Objekts geschieht durch einen Kondensor, welcher ebenfalls auf dem Reiter der optischen Bank (cf. oben) montiert ist, die Beobachtung vermittels eines Horizontalmikroskops.

Die beiden in die A. intestinalis communis und die V. portae hepatis eingeführten Kanüle können abwechselnd durch kurze Schläuche mit einer Pipette verbunden werden, welche 10 ccm faßt und $^1/_{20}$ ccm abzulesen gestattet; sie dient als Reservoir für die Durchströmungsflüssigkeit.

Es wurde nun in allen Versuchen zuerst die Arterienkanüle mit der Pipette verbunden, die bis zu einer gewissen Höhe mit der Durchströmungsflüssigkeit gefüllt war. (Die Natur dieser Flüssigkeit war bei verschiedenen Versuchen verschieden; ihre Zusammensetzung ist in den Protokollen für jeden einzelnen Fall angegeben.) Die rechtläufige Durchströmung wurde eine bestimmte Zeit (vgl. die folgenden Tabellen) unterhalten. Währenddessen wurde die in einer gewissen Zahl von Sekunden in die Arterie einfließende Flüssigkeitsmenge durch Ablesung an der Pipette bestimmt und die gleichzeitig aus der Vene abströmende Menge in einem kleinen Meßzylinder aufgefangen. Dann wurde die Pipette wieder aufgefüllt und eine zweite Messung in derselben Weise vorgenommen. Solche Messungen wurden 10 bis 15 mal gemacht und zwar bei verschiedener Druckhöhe der in der Pipette befindlichen Flüssigkeit. Die Resultate wurden in Tabellen zusammengestellt. Die Höhe des Flüssigkeitsniveaus in der Pipette, gemessen von der Einflußstelle in die Arterie als Nullpunkt, wurde zu Beginn und Ende jeder Messung festgestellt und das Mittel aus beiden Werten unter der Bezeichnung „Mitteldruck“ ebenfalls in die Tabellen aufgenommen. Zwischen den einzelnen

Messungen wurden die Gefäße mikroskopisch beobachtet und die Richtung des Stromes, kenntlich an der Bewegung der Erythrozyten, in einer Skizze des mikroskopischen Bildes festgelegt.

Nun wurde die Verbindung der Arterienkanüle mit der Pipette gelöst und letztere mit der Venenkanüle verbunden. Die mikroskopische Beobachtung zeigte jetzt, ob und in welchem Maße eine Umkehrung der Strömung erfolgte.

Dann wurden in der eben beschriebenen Weise die in die Vene einfließenden und die gleichzeitig aus der Arterie abströmenden Flüssigkeitsvolumina bestimmt und tabellarisch notiert.

Schließlich wurde in den meisten Versuchen die Strömung nochmals umgekehrt, die Umkehr mikroskopisch beobachtet und die ein- und ausfließenden Mengen gemessen.

Bemerkt sei noch, daß während der ganzen Versuchsdauer das Mesenterium samt dem Darm mit warmer, 0,6 %iger Kochsalzlösung berieselt wurde, um die Austrocknung zu verhüten.

Ich lasse jetzt meine Versuchsprotokolle im einzelnen folgen:

Versuch 1.

Zuerst Durchströmung von der Arterie aus mit Ringerscher Lösung. Die Strömung kommt sofort gut in Gang und wird zirka $1^1/_4$ Std. unterhalten. Während dieser Zeit erfolgt in der beschriebenen Weise die Messung der ein- resp. ausfließenden Flüssigkeitsvolumina. Die Resultate sind in Tabelle 1a zusammengestellt. Zur Erklärung dieser sowie aller folgenden Tabellen sei hier kurz folgendes gesagt:

Kolumne 1 gibt die laufende Nummer der Messung in der betreffenden Tabelle an, Kolumne 2 die Zeit in Sek., während derer die Messung erfolgte, Kolumne 3 die (in die Arterie resp. bei der Umkehrung in die Vene) einströmende Flüssigkeitsmenge in ccm, Kolumne 4 die (aus der Vene resp. Arterie) ausströmende Menge in ccm, Kolumne 5 die ausströmende Menge in Prozenten der einströmenden aus-

gedrückt und schließlich Kolumne 6 den Mitteldruck in cm Wasser.

Tabelle 1a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	2,8	2,7	96,4	
2	"	3,3	3,2	97,0	
3	"	3,25	3,2	98,4	23,75
4	"	3,0	2,9	96,7	
5	"	3,2	3,1	96,8	
6	"	1,4	1,3	92,9	
7	"	1,3	1,3	100,0	
8	"	1,5	1,5	100,0	15,0
9	"	1,4	1,4	100,0	
10	"	1,5	1,5	100,0	

Nun wird die Strömung umgekehrt und in die Vene Ringersche Lösung geschickt, die mit Methylenblau gefärbt ist. Wenige Sekunden später erscheint die blaue Flüssigkeit in der Arterienkanüle, und die mikroskopische Beobachtung zeigt, daß in derselben Zeit Arterien, Venen und Kapillaren blau gefärbt sind. Diese umgekehrte Strömung wird zirka 1 Std. unterhalten, und indessen werden ein- und ausfließende Flüssigkeitsvolumina gemessen. Die Resultate zeigt Tabelle 1b. Gleichzeitig tritt eine starke Anschwellung von Magen und Darm auf. (Das Nähere hierüber cf. Sektion.)

Tabelle 1b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	3,8	1,9	50,0	
2	"	3,7	1,9	51,4	
3	"	3,7	1,9	51,4	25,75
4	"	3,4	1,6	47,0	
5	"	3,4	1,5	44,1	
6	"	3,3	1,3	39,4	
7	"	3,1	1,1	35,5	
8	"	2,75	1,0	36,4	26,5
9	"	2,75	1,0	36,4	
10	"	2,6	1,0	38,5	

Die Sektion des Tieres ergibt starke ödematöse Schwellung der Magen- und Darmwand; im Innern beider Organe geringe Mengen schwach blaugefärbter Flüssigkeit. Ferner findet sich viel blaue Flüssigkeit in den subkutanen Räumen beider Beine. Außer den Gefäßen des Intestinaltraktus erscheinen teilweise auch die der Haut und der Beinmuskulatur blau injiziert.

Auf die Ergebnisse dieses und der folgenden Versuche wird am Schluß der Versuchsreihe zusammenfassend eingegangen werden.

Versuch 2.

Zunächst wieder Durchströmung von der Arterie mit Ringerscher Lösung; die Strömung kommt sofort gut in Gang, was auch mikroskopisch an der Bewegung der Erythrozyten, welche ausgeschwemmt werden, zu beobachten ist. Die Strömung wird zirka $1^1/_4$ Std. unterhalten; in dieser Zeit werden die ein- und ausfließenden Volumina gemessen und in Tabelle 2a zusammengestellt.

Tabelle 2a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	2,1	2,1	100,0	
2	=	2,2	2,2	100,0	
3	=	2,1	2,0	95,2	20,25
4	=	2,0	1,9	95,0	
5	=	2,0	1,9	95,0	
6	90	1,65	1,65	100,0	
7	=	1,65	1,65	100,0	
8	=	1,6	1,6	100,0	14,75
9	=	1,5	1,5	100,0	
10	=	1,65	1,65	100,0	

Nun wird die als Reservoir dienende Pipette mit der Venenkanüle verbunden. Als Durchströmungsflüssigkeit wird

defibriniertes Froschblut, mit zirka dem 100fachen Volum Ringerscher Lösung verdünnt, zur Anwendung gebracht. Die Beimischung von Blut hatte den Zweck, die Stromrichtung in den Gefäßen der mikroskopischen Beobachtung zugänglich zu machen. In der angegebenen Verdünnung des Froschblutes waren die geformten Elemente eben in der hierzu nötigen Anzahl vorhanden.

Wie die Beobachtung in diesem Versuch lehrte, fand eine Umkehr der Stromrichtung in allen Gefäßen mit Einschluß der Kapillaren statt und zwar während der ganzen Dauer der rückläufigen Durchströmung. Gleichzeitig trat wieder ein starkes Ödem des Magens und Darmes auf.

Die ein- resp. ausfließenden Flüssigkeitsmengen sind in Tabelle 2b verzeichnet.

Tabelle 2b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	90	2,15	0,6	27,9	20,5
2	"	2,15	0,6	27,9	
3	"	2,15	0,7	32,5	
4	"	2,15	0,7	32,5	
5	"	2,3	0,8	34,8	
6	"	2,0	0,6	30,0	
7	"	2,1	0,7	33,3	
8	"	2,1	0,7	33,3	

Nun wird die Strömung nochmals umgekehrt. Dabei zeigt sich, daß das in die Arterie einfließende und das aus der Vene abströmende Flüssigkeitsvolum gleich sind. (2 Messungen bei einem Druck von 27 cm H_2O.)

Die Sektion ergibt dasselbe Resultat wie bei Versuch 1.

Versuch 3.

Zuerst wird wieder in die Arterie Ringersche Lösung geschickt und zwar so lange, bis die Flüssigkeit aus der Vene klar abfließt und mikroskopisch alle Gefäße leer

erscheinen (Dauer zirka 10 Min.). Dann wird die Durchströmung mit einer Mischung von defibriniertem Blut und Ringerlösung (cf. Versuch 2) fortgesetzt und eine Skizze der Stromrichtung in einem bestimmten Gesichtsfelde des Mikroskops angefertigt. Gleichzeitig erfolgt wieder die Messung der ein- und ausfließenden Volumina. Die Resultate zeigt Tabelle 3a.

Tabelle 3a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	2,5	2,4	96,0	
2	=	2,45	2,4	98,0	
3	=	2,4	2,4	100,0	24,75
4	=	2,65	2,5	94,3	
5	=	2,65	2,65	100,0	
6	=	1,25	1,25	100,0	
7	=	1,3	1,3	100,0	
8	=	1,25	1,25	100,0	17,75
9	=	1,25	1,25	100,0	
10	=	1,1	1,1	100,0	

Nun wird das verdünnte Froschblut in die Vene geschickt. Mikroskopisch sieht man augenblicklich Umkehr des Stromes in allen Gefäßen, was durch Vergleich mit der bei rechtläufiger Durchströmung angefertigten Skizze leicht festzustellen ist. Es werden sofort wieder die ein- und ausfließenden Volumina gemessen (cf. Tabelle 3b). Nach zirka $^1/_2$ Std. sieht man in einzelnen Mesenterialvenen zuweilen Stillstand, gefolgt von einer kurzdauernden Vor- und Rückwärtsbewegung der Blutkörperchen, bis schließlich die alte Stromrichtung wieder eintritt. Gleichzeitig werden die aus der Vene ausfließenden Volumina sehr gering (vgl. Nr. 4 und 5 in Tabelle 3b), und Magen und Darm nehmen enorm an Umfang zu. Durch Verstärkung des Druckes gelingt es, die Strömung wieder besser in Gang zu bringen (vgl. Nr. 6—15 in Tabelle 3b).

Dauer der rückläufigen Durchströmung zirka $1^1/_2$ Std.

Tabelle 3b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	90	1,4	0,5	35,7	
2	"	1,2	0,4	33,3	
3	"	1,1	0,3	27,3	15,75
4	120	1,2	0,2	16,7	
5	"	1,0	0,1	10,0	
6	60	2,9	1,0	34,5	
7	"	2,7	0,9	33,3	
8	"	2,5	0,9	36,0	
9	"	2,6	0,9	34,6	
10	"	2,7	1,0	37,0	25,75
11	"	3,0	1,2	40,0	
12	"	2,5	0,9	36,0	
13	"	2,4	0,9	37,5	
14	"	2,4	0,9	37,5	
15	"	2,6	1,0	38,5	

Nun wird die Flüssigkeit nochmals in die Arterie geschickt. Mikroskopisch sieht man augenblicklich Umkehr, d. h. wieder rechtläufige Bewegung des Stromes. Die ein- und ausfließenden Volumina werden gemessen und in Tabelle 3c zusammengestellt.

Dauer dieser letzten Durchströmung zirka 20 Minuten.

Tabelle 3c.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	2,3	2,3	100,0	
2	"	2,3	2,2	95,7	
3	"	2,2	2,1	95,5	24,75
4	"	2,2	2,1	95,5	
5	"	2,15	2,0	93,0	

Die Sektion des Tieres ergibt im wesentlichen dasselbe Resultat wie bei Versuch 1.

Bei den nächsten Versuchen brachte ich eine Modifikation an, die sich aus folgender Überlegung ergab.

Die bisher angestellten Versuche hatten bei der Durchströmung von der Vene aus immer ein starkes Ödem der betroffenen Organe (Magen und Darm) ergeben. Dies konnte nun, ganz abgesehen von der naturwidrigen Stromesrichtung, auch davon abhängen, daß die Durchströmungsflüssigkeit in ihrer Zusammensetzung wesentlich von der des Blutes abwich. Besonders zog ich die physikalischen Eigenschaften dieser Flüssigkeit in Betracht und kam zu dem Ergebnis, daß vielleicht ihre im Vergleich zum Blute nur geringe Viskosität für das Entstehen des Ödems verantwortlich zu machen wäre. Es war daher naheliegend, für die ferneren Versuche unverdünntes Blut zu verwenden. Freilich konnte ich Froschblut, was das Natürlichste gewesen wäre, nicht zur Anwendung bringen, weil es in der für die Durchströmung erforderlichen Menge (zirka 100 ccm) nicht zu beschaffen war. Ich habe daher unverdünntes defibriniertes Hunde- resp. Kaninchenblut verwendet.

Die Erfolge der so angestellten Versuche waren, dies sei hier gleich vorweggenommen, absolut schlecht.

Es zeigte sich nämlich, daß allerdings kurze Zeit hindurch die Strömung unterhalten werden konnte. Bald jedoch wurde sie sehr schwach und hörte schließlich ganz auf (Dauer zirka 5—10 Minuten). Die mikroskopische Beobachtung lehrte, daß alle Gefäße vollgestopft mit Erythrozyten waren, die sich nicht mehr gegeneinander abgrenzen ließen, sondern eine fast homogene rote Masse bildeten.

Es bestätigte sich also hier die bereits von Poiseuille gemachte Erfahrung, daß die Körperchen des toten (d. h. gelassenen, zumal auch des defibrinierten) Blutes bei der Strömung durch Kapillaren gewöhnlich zusammenklumpen. In meinen Versuchen mag allerdings zu dieser Eigenschaft des defibrinierten Blutes vielleicht noch die präzipitierende Wirkung des Froscheiweißes auf das artfremde hinzugekommen sein.

Ich habe daher eine andere Methode gewählt, um die Viskosität der Durchströmungsflüssigkeit der des Frosch-

blutes gleich zu machen. Nach dem Vorgange von Heffter,[7]) Albanese[8]) und Trommsdorff[9]) bediente ich mich einer 2 %igen Gummilösung, die durch etwas Natriumkarbonat schwach alkalisch und durch 0,6 % Kochsalz isotonisch gemacht worden war. Mit dieser Lösung sind die folgenden Versuche angestellt.

Versuch 4.

Zuerst wird mit der Gummilösung das Gefäßsystem von der Arterie aus leergespült. Dann wird der Durchströmungsflüssigkeit etwas defibriniertes Froschblut (Verhältnis etwa 1 : 100, cf. Versuch 2) zugesetzt. Die Stromrichtung wird durch eine Skizze des mikroskopischen Gesichtsfeldes festgelegt. Gleichzeitig werden wieder die ein- resp. ausfließenden Volumina gemessen. Die Resultate zeigt Tabelle 4 a.

Die Dauer dieser rechtläufigen Durchströmung beträgt zirka $1^3/_4$ Std.

Tabelle 4 a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	180	1,2	1,15	95,8	27,5
2	"	1,3	1,3	100,0	
3	60	1,6	1,6	100,0	47,5
4	"	1,4	1,4	100,0	
5	"	1,3	1,3	100,0	
6	"	1,3	1,3	100,0	
7	"	1,3	1,3	100,0	
8	"	1,15	1,15	100,0	
9	"	1,0	1,0	100,0	
10	"	0,9	0,9	100,0	

[7]) A. Heffter, Über die Ernährung des arbeitenden Froschherzens. Arch. f. exp. Path. und Pharm. Bd. 29. pag. 41. 1892.

[8]) Manfredi Albanese, Über den Einfluß der Zusammensetzung der Ernährungsflüssigkeiten auf die Tätigkeit des Froschherzens. Arch. f. exp. Path. und Pharm. Bd. 32, pag. 297. 1893.

[9]) Fritz Trommsdorff, Untersuchungen über die innere Reibung des Blutes und ihre Beziehung zur Albaneseschen Gummilösung. Arch. f. exp. Path. und Pharm. Bd. 45, pag. 66. 1901.

Nun wird dieselbe Lösung in die Vene geschickt, und sofort tritt Umkehr der Strömung ein. Nach kurzer Zeit zeigt sich auch jetzt trotz Verwendung der Gummilösung ein starkes Ödem von Magen und Darm.

Die ein- und ausfließenden Volumina werden gemessen, und das Ergebnis in Tabelle 4b zusammengestellt.

Tabelle 4b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	90	2,5	0,9	36,0	
2	"	2,5	0,8	32,0	
3	"	2,35	0,8	34,0	26,0
4	"	2,2	0,7	31,8	
5	"	2,2	0,7	31,8	
6	60	4,2	1,4	33,3	
7	"	3,9	0,8	20,5	
8	"	3,8	0,8	21,1	
9	"	3,7	0,75	20,3	44,25
10	"	3,7	0,7	18,9	
11	"	3,7	0,6	16,2	
12	"	3,7	0,5	13,5	

Zwischen den einzelnen Messungen wird die Stromrichtung mikroskopisch kontrolliert; sie ist dauernd rückläufig.

Bei Einschaltung des hohen Druckes (44,25 cm H_2O), der unter Zuhilfenahme einer Druckflasche erzeugt wird, entwickelt sich ein sehr starkes Ödem von Magen, Darm und Leber. Nach Lösung der Verbindung zwischen der Venenkanüle und dem Reservoir entleeren sich aus ersterer spontan eine größere Zahl von Flüssigkeitstropfen. Dauer der rückläufigen Durchströmung zirka $1^1/_4$ Std.

Schließlich wird nochmals die Arterienkanüle mit dem Strömungsreservoir verbunden. Sofort ist mikroskopisch wieder rechtläufige Strömung zu konstatieren, welche konstant bleibt.

Die Resultate der Messung der Flüssigkeitsvolumina sind in Tabelle 4c verzeichnet.

Tabelle 4c.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	1,5	1,5	100,0	47,25
2	"	1,2	1,2	100,0	
3	"	1,0	1,0	100,0	
4	"	0,95	0,95	100,0	
5	"	1,0	1,0	100,0	

Die Sektion des Tieres ergibt in den Hauptsachen das gleiche Resultat wie in den vorangehenden Versuchen.

Versuch 5.

Nachdem die Gefäße von der Arterie her mit der Gummilösung leergespült sind, wird die Durchströmung nach Zusatz von defibriniertem Froschblut zunächst in der natürlichen Stromrichtung fortgesetzt; eine Skizze des mikroskopischen Gesichtsfeldes wird angefertigt und die Messung der ein- und ausfließenden Volumina vorgenommen. Die Resultate zeigt Tabelle 5a.

Tabelle 5a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	2,0	2,0	100,0	18,0
2	"	2,0	2,0	100,0	
3	"	2,0	2,0	100,0	
4	"	1,8	1,8	100,0	
5	"	1,6	1,6	100,0	
6	"	1,5	1,5	100,0	
7	"	2,65	2,65	100,0	26,5
8	"	2,5	2,5	100,0	
9	"	2,1	2,1	100,0	
10	"	1,8	1,8	100,0	
11	"	1,9	1,9	100,0	27,0
12	"	2,0	2,0	100,0	
13	"	2,1	2,1	100,0	
14	"	2,0	2,0	100,0	
15	"	2,0	2,0	100,0	

Dauer der rechtläufigen Durchströmung zirka $1^1/_4$ Std.; kein Ödem von Magen und Darm.

Nun wird die Strömung umgekehrt, d. h. die Flüssigkeit in die Vene geschickt. Sofort ist mikroskopisch Umkehr in allen Gefäßen zu konstatieren. Schon nach 10 Minuten hat sich ein beträchtliches Ödem von Magen und Darm entwickelt, welches im weiteren Verlauf der Durchströmung noch an Umfang zunimmt. Die Resultate der gleichzeitig vorgenommenen Messung der Stromvolumina sind in Tabelle 5 b niedergelegt.

Tabelle 5 b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	90	1,9	1,0	52,6	17,75
2	"	2,1	1,1	52,4	
3	"	2,0	1,0	50,0	
4	"	2,0	1,0	50,0	
5	"	1,75	0,8	45,7	
6	"	1,75	0,8	45,7	
7	"	1,9	0,9	47,4	
8	"	1,8	0,8	44,4	

Dauer der rückläufigen Durchströmung zirka 1 Std.

Schließlich wird die Strömung nochmals umgekehrt, und auch mikroskopisch ist sofort wieder rechtläufige Strömung zu beobachten. Die Resultate der Messung der Stromvolumina zeigt Tabelle 5 c.

Tabelle 5 c.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	3,9	3,7	94,9	24,0
2	"	3,9	3,7	94,9	
3	"	3,8	3,6	94,8	
4	"	3,5	3,3	94,3	
5	"	3,2	3,1	96,8	

Dauer dieser Durchströmung zirka $^1/_2$ Std.

Die Sektion des Tieres ergibt dasselbe Resultat, wie bei den früheren Versuchen.

Versuch 6.

Zunächst wird nach Durchspülung des Gefäßsystems von der arteriellen Seite her durchströmt (cf. Versuch 5). Die Strömung wird mikroskopisch beobachtet, die Stromvolumina werden gemessen und die Resultate in Tabelle 6a notiert.

Tabelle 6a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	3,5	3,4	97,1	
2	"	3,3	3,2	97,0	
3	"	3,1	3,0	96,8	24,5
4	"	3,1	3,0	96,8	
5	"	3,2	3,1	96,9	
6	"	1,6	1,6	100,0	
7	"	1,7	1,7	100,0	
8	"	1,7	1,7	100,0	17,25
9	"	1,65	1,65	100,0	
10	"	1,7	1,7	100,0	

Dauer der Durchströmung 1 Std.

Darauf wird die Flüssigkeit in die Vene geschickt. Mikroskopisch ist prompte Umkehr des Stromes zu beobachten. Gleichzeitig stellt sich wieder eine zunehmende ödematöse Schwellung des Magens und Darms ein. Die Messung der aus- und einfließenden Flüssigkeitsvolumina ergibt das in Tabelle 6b verzeichnete Resultat.

Tabelle 6b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	2,75	1,4	50,9	
2	"	2,65	1,3	49,1	
3	"	2,6	1,3	50,0	17,25
4	"	2,55	1,3	51,0	
5	"	2,5	1,25	50,0	
6	"	4,1	2,1	51,2	
7	"	4,1	2,0	48,8	
8	"	4,0	2,0	50,0	
9	"	3,8	1,9	50,0	24,5
10	"	3,8	1,9	50,0	
11	"	3,9	2,0	51,3	
12	"	3,8	1,9	50,0	

Dauer dieser Durchströmung zirka 1 Std.

Schließlich wird nochmals Umkehr der Strömung vorgenommen, welche sofort erfolgt. Die ein- und ausfließenden Volumina sind in Tabelle 6c verzeichnet.

Tabelle 6c.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. Einström. Menge in ccm	4. Ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O
1	60	3,8	3,6	94,7	
2	"	3,9	3,7	94,9	
3	"	3,9	3,7	94,9	23,0
4	"	3,9	3,7	94,9	
5	"	3,8	3,7	97,4	

Dauer dieser Durchströmung zirka $^1/_2$ Std.

Die Sektion des Tieres gibt das bei den vorhergehenden Versuchen bereits geschilderte Resultat.

Wenn man die Resultate der bisherigen Versuche zusammenfaßt, so ergibt sich folgendes:

1. Die Umkehrung der Stromrichtung ist im Pfortadergebiet des Frosches in sämtlichen Gefäßabschnitten (Arterien, Venen, Kapillaren) möglich.

2. Die rückläufige Strömung unterscheidet sich von der rechtläufigen dadurch, daß bei ersterer von den in die Vene einströmenden Flüssigkeitsmengen nur ein Bruchteil (15—50 %) aus der Arterie wieder abfließt, während bei letzterer die ein- und ausfließenden Volumina vollkommen oder fast vollkommen gleich sind. Die kleinen in den Tabellen verzeichneten Abweichungen erklären sich teils durch Messungsfehler, teils dadurch, daß durch kleine unvermeidbare Nebenbahnen ein Teil der Flüssigkeit abgelenkt und so der Messung entzogen wird.

3. Bei der rückläufigen Durchströmung tritt ausnahmslos nach kurzer Zeit eine transsudative Durchtränkung der durchströmten Organe (Magen und Darm) ein, die sich durch eine starke Volumzunahme derselben

kundgibt. Dieses Ödem nimmt während der ganzen Dauer der rückläufigen Durchströmung bis zu einem gewissen Maximum an Umfang zu und entwickelt sich besonders rasch und mächtig, wenn die in die Vene einströmende Flüssigkeit unter hohem Drucke steht (cf. Versuch 4).

4. Schließlich sei noch ein Phänomen in Erinnerung gebracht, dessen in den obenangeführten Versuchsprotokollen allerdings nur einmal (cf. Versuch 3) Erwähnung getan worden ist, welches aber bei den sehr zahlreichen Vorversuchen in jedem einzelnen Falle beobachtet wurde. Es handelt sich darum, daß, nachdem das Ödem einen gewissen Umfang erreicht hat, mikroskopisch zeitweise ein kurzdauernder Stillstand des Stromes in einzelnen Venen festgestellt wurde, dem ein mehrfaches Hin- und Herpendeln der Strömung und schließlich wieder eine Bewegung in der alten Richtung folgte. In den Arterien ging währenddessen die Strömung immer in derselben Richtung weiter, wenn auch mit verminderter Geschwindigkeit.

Daß dieses Phänomen in den aufgeführten Versuchsprotokollen nur einmal erwähnt ist, erklärt sich daraus, daß bei diesen Versuchen die mikroskopische Beobachtung nur immer kurze Zeit und in verhältnismäßig langen Intervallen erfolgte, weil die Messung der Stromvolumina die gesamte Aufmerksamkeit verlangte, und die mikroskopische Beobachtung eigentlich nur dazu diente, die bei der Umschaltung des Reservoirs von der Arterienkanüle nach der Venenkanüle und umgekehrt erfolgende Wendung der Strömung und ihr Beharren in der neuen Richtung zu konstatieren. Es konnte also ein solches Phänomen, welches immer nur wenige Sekunden dauerte, sehr wohl unbemerkt bleiben. Bei den Vorversuchen dagegen, bei denen die mikroskopische Beobachtung der Stromrichtung die Hauptrolle spielte, konnte die erwähnte Erscheinung in allen Fällen festgestellt werden, so daß man an ihrem regelmäßigen Vorkommen nicht zweifeln darf.

Ich komme jetzt zur kritischen Besprechung der mitgeteilten Versuchsergebnisse.

Was die beobachtete Umkehr des Stromes betrifft, so muß gesagt werden, daß auf Grund unserer physikalischen Vorstellungen und der anatomischen Beschaffenheit der Bahn ein anderes Resultat nicht zu erwarten war. Denn das untersuchte Stromgebiet ist klappenlos[10]) und besitzt, abgesehen von ganz kleinen Nebenbahnen, nur eine zuführende Arterie (A. intestinalis communis) und eine abführende Vene (V. portae hepatis). Es stellten sich also dem rückläufigen Strome weder Klappen als Hindernisse entgegen, noch boten ihm genügend zahlreiche und weite Venenanastomosen Gelegenheit, den widerstandsreichen Weg durch die Kapillaren zu vermeiden und bequemere Bahnen einzuschlagen.

Dagegen bietet der zweite Punkt etwas durchaus neues und für die ganze Frage von der Umkehrbarkeit des Blutstroms prinzipiell wichtiges: Die in die Vene hineingeschickten Flüssigkeitsmengen kamen nur teilweise in der Arterie wieder zum Vorschein; 50—85% davon entgingen der Messung. Es kann nun nicht bezweifelt werden, daß ein Teil dieser verschwundenen Flüssigkeitsmengen auf anfangs nur engen durch den verhältnismäßig hohen Druck aber bald erweiterten venösen Nebenbahnen in andere Gefäßbezirke übergetreten ist. Für den Verbleib des immer noch beträchtlichen Restes jedoch ist sicherlich das in allen Versuchen bei der rückläufigen Durchströmung auftretende Ödem verantwortlich zu machen.

[10]) Nach Untersuchungen, die H. Köppe am Darm des Hundes ausgeführt hat („Muskeln und Klappen in den Wurzeln der Pfortader" Arch. f. (An. u.) Phys. 1890 Suppl. pag. 168), besitzen die kurzen und langen Darmvenen (innerhalb der Darmwand) zahlreiche Klappen. Meine am Froschmesenterium ausgeführten Versuche beweisen jedoch, daß zum mindesten der Frosch im Pfortadergebiet entweder keine Klappen besitzt oder keine solchen, welche dem rückläufigen Strom einen nachweisbaren Widerstand entgegensetzen. Daher kann das Pfortadergebiet des Frosches als klappenlos betrachtet werden.

Damit komme ich zum dritten Punkte, dem Ödem der durchströmten Organe (Magen und Darm). Bei seinem Zustandekommen sind höchstwahrscheinlich verschiedene Faktoren wirksam. Zunächst wird dadurch, daß der Querschnitt der Arterie (wie überall) kleiner ist als der der Vene, bei der rückläufigen Strömung notwendig eine andere Druckverteilung längs der ganzen Bahn hervorgerufen. Dazu kommt, daß auf den Venenwandungen ein verhältnismäßig hoher Druck lastet (ungefähr dem arteriellen Blutdruck des Frosches entsprechend), welcher infolge der geringen Elastizität der Venen diese sehr stark zu dehnen und so ihren Durchmesser noch mehr zu vergrößern vermag. Dadurch wird das Verhältnis der Querschnitte von Arterie und Vene noch mehr zugunsten der letzteren verschoben und das Zustandekommen der venösen Stauung wesentlich gefördert. Der Erfolg dieser Stauung ist der übliche, nämlich ein Ödem. Man kann sich nun vorstellen, daß dieses Ödem sein eigenes Wachstum ebenfalls zu fördern vermag. Denn wenn die Transsudation von Flüssigkeit in die Gewebe und dadurch deren Spannung einen gewissen Grad erreicht hat, wird ein Druck auf alle kompressiblen Gebilde, vor allem auch auf die Kapillaren ausgeübt. Diese werden zum Teil verengt oder ganz verschlossen, ihr Widerstand und mit ihm die Rückstauung nach der Vene wächst, und das Ödem nimmt immer mehr an Umfang zu.

Es liegt also hier ein circulus vitiosus vor, der für die Umkehrbarkeit der Strömung verhängnisvoll wird.

Daß das Ödem im wesentlichen nicht auf die im Vergleich zum Blut geringe Viskosität der anfangs verwendeten Ringerlösung zurückzuführen ist, geht mit großer Wahrscheinlichkeit daraus hervor, daß die Ergebnisse sich nicht änderten, als die Ringersche durch eine 2% ige Gummilösung ersetzt wurde.

Schließlich bleibt noch übrig, für das an vierter Stelle erwähnte Phänomen eine Erklärung zu geben.

Wie bereits gesagt wurde, findet sich der Stillstand und das eigenartige Vor- und Rückwärtspendeln des Stromes

erst, nachdem das Ödem eine gewisse Mächtigkeit erlangt hat. Man könnte nun daran denken, für das Zustandekommen der erwähnten Erscheinung ein physiologisches Moment, nämlich rhythmische Gefäßkontraktionen, verantwortlich zu machen. Ob etwas derartiges hier vorliegt, vermag ich nicht zu entscheiden, da objektives Beweismaterial nicht vorhanden ist. Dagegen glaube ich, daß es möglich ist, das genannte Phänomen auf Grund physikalischer Vorstellungen zu erklären.

Man kann sich vorstellen, daß, sobald der auf die Kapillaren durch das Ödem ausgeübte Druck eine gewisse Größe erreicht hat, erstere komprimiert werden. Dadurch wird die Strömung in dem betreffenden Bezirk zum Stillstand gebracht und die hydrodynamischen Verhältnisse werden in hydrostatische verwandelt, d. h. an Stelle des bei jeder Strömung in Röhren vorhandenen Druckgefälles tritt ein an allen Stellen des abgesperrten Bezirkes gleicher Druck ein, der bis zu der durch das Strömungsreservoir repräsentierten Höhe ansteigt.

Sobald dies geschehen ist, werden die von außen auf die Kapillaren wirkenden Druckkräfte durch den vermehrten Innendruck überwunden und die Kapillarlumina wieder eröffnet; ein gewisses Flüssigkeitsquantum vermag jetzt abzufließen, der Druck in den Venen sinkt, und die Kapillaren werden durch den wieder die Oberhand gewinnenden Außendruck aufs neue komprimiert.

In gleicher Weise kann sich dieser Vorgang mehrmals wiederholen.

Um das Pendeln zu erklären, muß man allerdings die weitere Annahme machen, daß der Verschluß der Kapillaren plötzlich erfolgt. Wenn das geschieht, so wird im Moment des Verschlusses sich die kinetische Energie der bewegten Flüssigkeitsmasse in potentielle, d. h. Spannung der Venenwandung umwandeln. Letztere wird das Bestreben haben, ihr elastisches Gleichgewicht wiederzuerlangen, und dadurch Schwingungen des ganzen Systems (Venenwand plus eingeschlossener Flüssigkeit) veranlassen.

Wenn es gestattet ist, aus den am Mesenterium des Frosches gewonnenen Versuchsergebnissen weitere Schlüsse zu ziehen, so möchte ich diese in folgender Weise formulieren.

In allen Stromgebieten, welche klappenfrei sind und im wesentlichen nur eine zuführende Arterie und eine abführende Vene besitzen, ist eine Umkehrung der Strömung möglich. Dabei tritt jedoch ständig ein mehr oder weniger starkes Ödem auf, welches dauernd an Umfang zunimmt. Die rückläufige Strömung ist mithin nicht imstande, eine normale Durchblutung und damit Ernährung der Gewebe zu gewährleisten.

Nach Abschluß meiner Versuche am Mesenterium des Frosches wählte ich als weiteres Objekt eine Gefäßprovinz, deren Venen mit Klappen versehen sind. Auch jetzt wurde Gewicht darauf gelegt, den Kapillarstrom zu beobachten, und daher als ein beide Bedingungen erfüllendes Stromgebiet das der hinteren Froschextremität verwendet, deren Schwimmhaut die mikroskopische Beobachtung in ausreichendem Maße gestattet.

Die Anordnung bei diesen Versuchen entsprach im Prinzip vollkommen der bei den Durchströmungen der Mesenterialgefäße. Es wurden am narkotisierten in Rückenlage befindlichen Frosche in der früher beschriebenen Weise die Eingeweide freigelegt und die Ovarien sowie das Herz unterbunden und abgetragen. Alsdann wurde in die Aorta abdominalis unmittelbar über ihrer Teilung in die beiden A. iliacae communes eine Kanüle in peripherer Richtung eingebunden. Eine zweite Kanüle kam in die V. abdominalis ebenfalls nahe über deren Teilung in die beiden Rami abdominales v. femoral. zu liegen. Ferner wurde, um ein Abfließen der Durchströmungsflüssigkeit auf anderen venösen Bahnen als den mit den beiden Kanülen in Verbindung stehenden zu verhüten, jederseits die V. iliaca communis, auch V. renalis advehens genannt, unterbunden. Auf der Glasplatte, auf welche das Tier gelagert wurde,

war ein Halbring von Kork aufgeklebt. Auf ihm wurde die Schwimmhaut eines Beines festgesteckt und in mäßiger Spannung entfaltet. Die Flüssigkeitsströmung in den Kapillaren konnte dann mittels eines gewöhnlichen Mikroskops beobachtet werden.

Die beiden Kanülen wurden, ganz wie bei den Versuchen am Mesenterium, abwechselnd mit der graduierten Pipette verbunden, die ein- und ausfließenden Flüssigkeitsmengen bestimmt und der Kapillarstrom mikroskopisch beobachtet. Bei diesen Versuchen bediente ich mich auch, da zuweilen größere Drucke als die durch die Höhe der Flüssigkeitssäule in der Pipette repräsentierten zur Anwendung gelangen sollten, einer sogenannten Druckflasche. Es ist dies eine starkwandige Glasflasche von zirka 30 l Inhalt, deren Boden einige Zentimeter hoch mit Wasser bedeckt ist; sie ist mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch dessen eine Öffnung ist ein Glasrohr von etwa 1,5 m Länge bis fast auf den Boden der Flasche geschoben, so daß es ins Wasser eintaucht. An diesem Steigrohr sind die Höhen über dem Wasserspiegel durch Marken bezeichnet. Durch die zweite Bohrung ist ein rechtwinklig abgebogenes mit Hahn versehenes kurzes Glasrohr gesteckt. Von hier aus kann mittels einer Fahrradpumpe die Luft in der Flasche nach Wunsch komprimiert und die Höhe des Druckes an der Höhe der Flüssigkeitssäule im Steigrohr ohne weiteres abgelesen werden. Die Flasche wird dann mit der Pipette in Verbindung gebracht und überträgt ihren Druck auf deren Inhalt.

Als Durchströmungsflüssigkeit wurde in allen Versuchen die früher beschriebene Gummilösung benutzt, der etwas defibriniertes Froschblut beigemischt war, um die Stromrichtung bei mikroskopischer Beobachtung kenntlich zu machen.

Die Resultate der so angestellten Versuche stimmen untereinander völlig überein und lassen sich kurz folgenmaßen darstellen.

Die rechtläufige Strömung gelang immer und ihre Ergebnisse (bezüglich Messung der Stromvolumina) glichen durchaus den bei rechtläufiger Durchströmung der Mesenterialgefäße gewonnenen.

Dagegen gelang die Umkehr der Stromrichtung niemals; nicht einmal $^1/_{20}$ ccm floß in die Vene hinein. Dabei wurde der Druck bei diesen Versuchen bis auf 140 cm H_2O erhöht, d. h. er entsprach ungefähr dem dreifachen des arteriellen Blutdruckes des Frosches. Auch mikroskopisch war nach Verbindung der Venenkanüle mit der Pipette niemals eine Bewegung der Flüssigkeit in den Gefäßen der Schwimmhaut zu sehen.

Daraus mußte geschlossen werden, daß die Venenklappen des Frosches imstande sind, verhältnismäßig sehr hohen Drucken Widerstand zu leisten.

Dieses Ergebnis entspricht vollkommen dem, was Coenen und Wiewiorowski[11]) an den hinteren Extremitäten von Hunden und vor allem auch menschlichen Leichnamen festgestellt haben. Ich kann mich der Ansicht dieser Autoren nur anschließen, die dahin geht, daß suffiziente Klappen imstande sind, Drucke auszuhalten, die mindestens dem arteriellen Blutdruck des betreffenden Individuums gleichkommen.

Mit Rücksicht auf die sehr zahlreichen und exakten Versuche der genannten beiden Autoren habe ich davon abgesehen, auch meinerseits weitere ähnliche Versuche anzustellen zur Erhärtung einer meiner Meinung nach völlig feststehenden Tatsache.

Nachdem durch die bis dahin vorgenommenen Versuche das unterschiedliche Verhalten, welches klappenfreie resp. klappenhaltige Gefäßbezirke der rückläufigen Durchströmung darbieten, festgestellt war, schien es mir erforderlich, weitere Experimente anzustellen und zwar an Stromgebieten, die ebenfalls klappenlos sind, die aber von den bisher in den Kreis meiner Untersuchungen gezogenen sich dadurch

[11]) l. c.

unterscheiden, daß sie nicht einen, sondern mehrere venöse Abflüsse besitzen.

Wenn ein klappenloses Stromgebiet nur ein zuführendes und ein abführendes Gefäß besitzt, so ist theoretisch zu erwarten, daß beim Einpressen von Flüssigkeit in die Vene der Strom die Kapillaren und die Arterie in rückläufiger Richtung passieren wird, da ihm ein anderer Weg nicht zur Verfügung steht. Ganz anders liegen jedoch die Verhältnisse, wenn mehrere abführende Venen vorhanden sind, von denen nur ein Teil mit dem Strömungsreservoir verbunden wird. In diesem Falle stehen dem rückläufigen Strome zwei Wege offen: erstens der Weg durch die Kapillaren zur Arterie und zweitens der Weg durch kurze Anastomosen zu den nicht mit dem Strömungsreservoir in Verbindung stehenden Venen. Nach der Theorie müssen, wie bei jeder Stromverzweigung, beide Wege eingeschlagen werden und zwar müssen die auf ihnen abfließenden Flüssigkeitsmengen umgekehrt proportional den Widerständen sein. Praktisch jedoch heißt das bei Berücksichtigung des enormen Widerstandes, den die Kapillaren im Vergleich zu den intervenösen Anastomosen bieten, daß die Hauptmenge der in die eine Vene geschickten Flüssigkeit durch die andern wieder abläuft, während nur ein verschwindender Teil die Kapillaren und die Arterie in rückläufiger Richtung passiert.

Die folgenden Versuche sind nun zu dem Zwecke angestellt worden, die eben gegebenen theoretischen Erwägungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Als für diesen Zweck geeignetes Objekt wurde der Kopf des Kaninchens gewählt. Technisch gestalteten sich die Versuche dann folgendermaßen:

Ein Kaninchen erhält ungefähr $^1/_2$ Stunde vor Beginn des Versuchs 3 g Urethan subkutan. Nach Eintritt der vollkommenen Anästhesie werden an dem in Rückenlage befindlichen Tier von einem Medianschnitt aus beide Karotiden und Jugulares externae in ziemlicher Ausdehnung freipräpariert. Alsdann wird in jedes dieser Gefäße eine

Glaskanüle kranialwärts eingeführt und schließlich aus einer in die eine Carotis zentralwärts eingebundenen Kanüle das Tier verblutet und das aufgefangene Blut defibriniert.

Ich will hier gleich bemerken, daß ich nur in den ersten Versuchen die Venenkanülen in den Stamm der Jugularis externa (unmittelbar vor ihrer Teilung in die V. facialis anterior und posterior) einführte. Es zeigte sich nämlich, daß bei rückläufiger Durchströmung sich Klappen an der Vereinigung dieser beiden Äste stellten, die selbst durch einen starken Druck (180 cm H_2O) nicht gesprengt wurden, ein neuer Beweis für die Widerstandsfähigkeit der Venenklappen. Da die Durchstoßung der Klappen mißlang, wurden dann in allen hier aufgeführten Versuchen die Venenkanülen in die jederseitige V. facialis anterior eingeführt und die V. facialis posterior vor ihrer Mündung in den Stamm der V. jugularis externa beiderseits unterbunden; daraufhin war die retrograde Durchströmung immer möglich.

Die beiden Arterien- wie die beiden Venenkanülen wurden je durch ein gabelförmig gebogenes Glasrohr und kurze Schlauchstücke vereinigt, so daß die Durchströmungsflüssigkeit gleichzeitig in beide Arterien beziehungsweise Venen geschickt werden konnte. Als Strömungsreservoir diente ein 300 ccm fassender graduierter Zylinder, der am untern Ende ein mit Hahn versehenes Abflußrohr trug, und am oberen Ende durch ein Glasrohr und eine Schlauchleitung mit der Druckflasche in Verbindung gesetzt werden konnte. Die einströmenden Flüssigkeitsmengen konnten so bis auf 1 ccm (genau) abgelesen werden. Die ausströmenden Mengen wurden, wie bei den Froschversuchen, in einem Meßzylinder aufgefangen.

Es wurden nun zuerst in allen Versuchen mit Ringerscher Lösung (körperwarm) von beiden Karotiden aus die Gefäße leergespült. Alsdann wurde die Durchströmung in normaler Richtung mit einer Mischung von einem Teil des defibrinierten Kaninchenblutes mit drei bis vier Teilen Ringerscher Lösung fortgesetzt. Die in einer bestimmten Zeit ein- resp.

ausfließenden Flüssigkeitsmengen wurden gemessen und das Resultat in Tabellenform notiert.

Dann wurden beide Venen gleichzeitig mit dem Strömungsreservoir verbunden und die Messungen in gleicher Weise wiederholt. Für diese rückläufige Durchströmung wurde der Flüssigkeit meist (es ist in den untenfolgenden Protokollen in jedem Falle bemerkt) Anilinblau zugesetzt.

Schließlich wurde die Flüssigkeit in die eine Vene geschickt und das aus der andern Vene abströmende Volumen aufgefangen. Ich will gleich hier bemerken, daß bei der letzteren Anordnung nie auch nur ein Tropfen aus den beiden Arterien abfloß.

Ich lasse jetzt meine Versuchsprotokolle im einzelnen folgen.

Versuch 7.

Zunächst Durchspülung von beiden Arterien aus mit Ringerscher Lösung, bis die Flüssigkeit aus den Venen klar abläuft. Die Strömung kommt sofort gut in Gang. Nun wird die Ringerlösung in der beschriebenen Weise mit dem defibrinierten Blut des Tieres vermischt, die Durchströmung in rechtläufiger Richtung fortgesetzt und die ein- und ausfließenden Volumina gemessen. Die Resultate zeigt Tabelle 7a.

Tabelle 7a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In beid. Arterien einström. Menge in ccm	4. Aus beid. Venen ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	125	100	75	75	150	Defibrin. Blut mit Ringer.
2	150	100	75	75		
3	180	100	75	75		
4	210	100	75	75		
5	230	100	75	75		

Darauf wird die Strömung umgekehrt, d. h. die Flüssigkeit in beide Venen geschickt und das aus den Arterien abfließende Volumen aufgefangen. Die Messungsresultate sind in Tabelle 7b zusammengestellt.

Tabelle 7b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In beid. Venen einström. Menge in ccm	4. Aus beid. Arterien ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	130	180	4,0	2,2	100	Defibrin. Blut mit Ringer.
2	70	100	3,0	3,0		
3	110	100	2,5	2,5	150	
4	130	100	2,5	2,5		
5	160	100	2,3	2,3		

Während der rückläufigen Durchströmung entwickelt sich ein beträchtliches Ödem des Gesichts (Nase, Konjunktiva), der Zunge, Lippen; aus der Nase und dem Konjunktivalsack tropft langsam klare Flüssigkeit ab. Das Abdomen nimmt gleichfalls an Umfang zu und läßt eine Flüssigkeitsansammlung erwarten.

Jetzt wird die Flüssigkeit ausschließlich in die linke Vene geschickt und es zeigt sich, daß sie fast vollkommen aus der rechten wieder abströmt, während sich aus beiden Arterien nicht ein Tropfen entleert. Die Messung der ein- und ausfließenden Volumina ergibt das in Tabelle 7c niedergelegte Resultat.

Tabelle 7c.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In die l. Vene einström. Menge in ccm	4. Aus der r. Vene ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	80	100	70	70	150	Defibrin. Blut mit Ringer.
2	90	100	70	70		
3	105	101	70	70		
4	120	100	70	70		
5	140	100	70	70		

Die Sektion des Tieres ergab folgendes Resultat: Sehr starkes Ödem der Weichteile des Kopfes und der Mundhöhle, Chemosis conjunctivae; in der Bauchhöhle finden

sich reichliche Mengen klarer Flüssigkeit. Aus der V. cava superior und inferior entleeren sich beim Anschneiden beträchtliche Mengen flüssigen, stark verdünnten Blutes. An Herz und Lungen sowie an den Baucheingeweiden ist nichts besonderes zu bemerken.

Versuch 8.

Nachdem die Gefäße in rechtläufiger Richtung mit Ringerscher Lösung leergespült worden sind, wird die Durchströmung mit defibriniertem Kaninchenblut, das mit Ringerlösung verdünnt worden ist, fortgesetzt. Es werden die ein- und ausfließenden Volumina gemessen und die Resultate in Tabelle 8a zusammengestellt.

Tabelle 8a.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In beid. Arterien einström. Menge in ccm	4. Aus beid. Venen ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	60	100	75	75	120	Defibrin. Blut mit Ringer.
2	65	100	75	75		
3	68	100	75	75		
4	72	100	75	75		
5	76	100	75	75		

Nun wird die Flüssigkeit in beide Venen geschickt und wiederum werden die ein- und ausfließenden Mengen gemessen. Die Resultate zeigt Tabelle 8b.

Tabelle 8b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In beid. Venen einström. Menge in ccm	4. Aus beid. Arterien ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	103	60	2,0	3,3	90	Defibrin. Blut mit Ringer.
2	126	60	2,0	3,3		
3	150	60	2,0	3,3	120	Ringer blau gefärbt.
4	173	60	1,8	3,0		
5	194	60	1,7	2,8		

Auch dieses Mal bildet sich während der rückläufigen Durchströmung ein starkes Ödem der Weichteile des Kopfes, insbesondere der Nase, des Mundes, der Zunge und Konjunktiva aus; auch das Abtropfen klarer Flüssigkeit aus Nase und Konjunktivalsack ist wieder zu konstatieren. Das Abdomen hat ebenfalls an Umfang zugenommen. Zwei bis drei Minuten, nachdem in beide Venen blaue Flüssigkeit eingeströmt ist (cf. Tabelle 8b, Nr. 3—5), beginnt sich auch die aus den Arterienkanülen langsam abtropfende Flüssigkeit blau zu färben.

Nun wird die Flüssigkeit in die linke Vene geschickt und das aus der rechten abfließende Quantum aufgefangen; währenddessen fließt aus beiden Arterien nichts ab. Die Messungsresultate sind in Tabelle 8c zusammengestellt.

Tabelle 8c.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In die l. Vene einström. Menge in ccm	4. Aus der r. Vene ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	115	100	90	90		Ringer
2	127	100	90	90		blau gefärbt.
3	130	100	90	90	120	Defibrin. Blut
4	140	100	90	90		mit Ringer.
5	152	100	90	90		

Wenige Sekunden, nachdem in die linke Vene das verdünnte Blut eingeflossen ist (cf. Tabelle 8c), strömt es bereits aus der rechten ab unter Verdrängung der blau gefärbten Ringerlösung.

Die Sektion des Tieres ergibt folgendes Resultat: Sehr starkes Ödem der Weichteile des Kopfes und der Mundhöhle (Zunge), sowie der Konjunktiva; alle diese Teile haben eine bläuliche Farbe angenommen und zeigen an den makroskopisch sichtbaren Gefäßen (z. B. der Konjunktiva) blaue Injektion. Beim Abziehen des Felles bemerkt man

eine blaue Injektion sehr zahlreicher Hautgefäße. Im Bauchraum findet sich eine mäßige Menge einer schwach bläulich gefärbten Flüssigkeit. Die Leber ist fleckweise blau injiziert (auch auf dem Schnitte), und ihre Läppchenzeichnung tritt deutlich hervor, desgleichen sind die Gefäße des Uterus und der Blase blau gefärbt. Dagegen ist am gesamten Darm und am Darmmesenterium nichts hiervon zu bemerken. Auch die Lunge ist fleckweise blau injiziert; ebenso sind die Höhlen des rechten Herzens blau gefärbt, die des linken dagegen nicht. Aus der oberen und unteren Hohlvene entleert sich beim Anschneiden viel verdünntes Blut, welches deutlich einen blauen Farbenton zeigt.

Versuch 9.

Von beiden Karotiden werden die Gefäße zunächst mit Ringerlösung leergespült, und dann wird die Durchströmung mit der Mischung von defibriniertem Blut und Ringerlösung fortgesetzt. Die Messung der ein- und ausfließenden Volumina wird in der üblichen Weise vorgenommen und die Resultate in Tabelle 9a notiert.

Tabelle 9a.

1. Nr. des Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In beid. Arterien einström. Menge in ccm	4. Aus beid. Venen ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	135	100	70	70	120	Defibrin. Blut mit Ringer.
2	150	100	70	70		
3	162	100	70	70		
4	185	100	70	70		
5	210	100	70	70		

Die nach Umkehr der Strömung gewonnenen Messungsresultate zeigt Tabelle 9b.

Tabelle 9b.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In beid. Venen einström. Menge in ccm	4. Aus beid. Arterien ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	165	50	2,0	4,0	125	Ringer blau gefärbt.
2	190	50	2,0	4,0		
3	220	50	2,0	4,0		
4	250	50	2,0	4,0		
5	283	50	1,8	3,6		

Einige Minuten nach dem Einströmen der blau gefärbten Ringerlösung in beide Venen zeigen die aus der Arterienkanüle fallenden Tropfen blaue Färbung. Ferner tritt wieder ein Ödem der Weichteile des Kopfes (cf. Vers. 7 u. 8) sowie Blaufärbung derselben ein. Das Abdomen ist gleichfalls beträchtlich angeschwollen.

Schließlich wird die Flüssigkeit in die rechte Vene geschickt und das aus der linken abströmende Volumen aufgefangen. Auch bei diesem Versuch entleert sich jetzt aus den Arterien nicht ein Tropfen. Die Messungsresultate zeigt Tabelle 9c.

Tabelle 9c.

1. Nr. der Mess.	2. Zeit in Sek.	3. In der r. Vene einström. Menge in ccm	4. Aus der l. Vene ausström. Menge in ccm	5. 4. in % von 3.	6. Mitteldruck in cm H_2O	7. Natur der Strömungsflüssigkeit
1	240	50	45	90	125	Defibrin. Blut mit Ringer.
2	270	50	45	90		
3	305	50	45	90		
4	330	50	45	90		
5	360	50	45	90		

Wenige Sekunden nach Einströmen des verdünnten Blutes in die rechte Vene erscheint es bereits in der linken Venenkanüle unter Verdrängung der blau gefärbten Ringerlösung.

Die Sektion dieses Tieres ergibt genau das gleiche Resultat wie die in Versuch 8.

Die am Kopfe des Kaninchens ausgeführten Durchströmungsversuche haben die eingangs angestellten theoretischen Erwägungen in jeder Hinsicht bestätigt. Um dies zu zeigen, will ich die gewonnenen Resultate kurz zusammenfassen und deren Deutung folgen lassen:

1. Bei der rückläufigen Durchströmung von beiden V. facial. anter. aus tritt regelmäßig ein starkes Ödem der Weichteile des Kopfes auf.
2. Von den in beide Venen geschickten Flüssigkeitsmengen passiert nur ein sehr kleiner Bruchteil (2—4%) die Kapillaren in rückläufiger Richtung und fließt aus den beiden Arterien ab; der Rest strömt durch die intervenösen Anastomosen zu den freigelassenen (d. h. nicht mit dem Strömungsreservoir verbundenen) Venen (V. jugularis interna, Circelli venosi des Rückenmarkkanals, Hautvenen) und durch deren Vermittlung weiter nach dem rechten Herz, dem Gebiet der A. pulmonalis und V. cava inferior.

Ad 1. Das bei rückläufiger Durchströmung am Kaninchenkopfe ebenso wie am Froschmesenterium auftretende Ödem beweist, daß es sich um eine für alle klappenlosen Gefäßgebiete geltende Erscheinung handelt. Die Erklärung für ihr Zustandekommen ist bereits früher gegeben worden.

Ad 2. Die Versuche am Kaninchenkopfe bestätigen die an anderer Stelle gemachten Ausführungen, daß in einem klappenlosen Gefäßbezirke eine Umkehrung der Strömung im Prinzip möglich ist. Denn da einige Zeit nach dem Einströmen blauer Flüssigkeit in beide Venen (cf. Versuch 8 u. 9) die aus der Arterienkanüle fallenden Tropfen ebenfalls blau gefärbt waren, kann an einer wirklichen Umkehr füglich nicht gezweifelt werden. Allein die aus den Arterien abfließenden Mengen machten nur einen sehr geringen Bruchteil der in die Venen einströmenden

aus. Die Hauptmasse der Flüssigkeit ist durch die Venenanastomosen in die V. cava superior, das rechte Herz, die A. pulmonalis und die V. cava inferior gelangt und hat von letzterer aus die venösen Gefäße der Leber, des Uterus, der Harnblase erreicht. Daß diese Bahnen wirklich eingeschlagen wurden, zeigen die Sektionsergebnisse bei Versuch 8 und 9, indem die in die beiden V. facial. anter. geschickte blaue Ringerlösung in all den eben angeführten Gefäßbezirken sich wiederfand; daß sie in den Darmgefäßen nicht befunden wurde, beweist nur, daß sie den Weg von der Lebervene durch die Leberkapillaren hindurch bis ins Pfortadergebiet mied, und Wege mit geringerem Widerstand (Venen des Uterus, der Harnblase) aufsuchte.

Schließlich sind die Ergebnisse der Versuchsanordnung, bei der die Flüssigkeit nur in die eine V. facialis anterior einströmte, ein neuer Beweis für die Richtigkeit der vorgetragenen Anschauung. Zeigte sich doch bei diesen Versuchen, daß von den in die eine Vene einfließenden Mengen der allergrößte Teil (75—90%) aus der anderen wieder abfloß. Der Verbleib des Restes ist nach dem Vorhergegangenen selbstverständlich: er hat die übrigen venösen Bahnen zum Abfluß benutzt. Daß aus den Arterien bei dieser Anordnung meßbare Mengen nicht abflossen, erklärt sich leicht damit, daß nach Freigabe der einen für das durchströmte Gebiet die Hauptabflußbahn darstellenden V. facialis anterior (die V. facialis posterior war ja unterbunden) sich das Verhältnis der Widerstände zwischen dem durch die Kapillaren und dem nach den freien Venen führenden Wege so sehr zuungunsten des ersteren verschoben hatte, daß praktisch genommen nichts mehr diese Bahn passierte.

Schließlich will ich noch darauf hinweisen, um Mißdeutungen aus dem Wege zu gehen, daß auch bei der rechtläufigen (d. h. von den beiden Arterien aus vorgenommenen) Durchströmung niemals die gesamte einfließende Menge (wie bei den Mesenteriumsversuchen) aus

den beiden V. facial. anter. wieder abfloß, sondern nur 70 bis 75 %. Doch ist der Verbleib der restierenden 25 bis 30 % ohne weiteres ersichtlich, wenn man bedenkt, daß zu dem von den beiden Karotiden versorgten Bezirke außer den beiden mit Kanülen versehenen Venen noch eine große Zahl kleinerer als Abflußbahnen gehören, die einen ihrer Kapazität entsprechenden Teil der Flüssigkeit (in unserem Falle 25 bis 30 %) ableiteten.

Zusammenfassung.

1. Gefäßgebiete, deren Venen mit suffizienten Klappen versehen sind, setzen der rückläufigen Blutbewegung einen absoluten Widerstand entgegen.

2. Klappenlose Gefäßgebiete, welche nur eine abführende Vene besitzen, gestatten eine Umkehrung des Blutstroms. Doch erscheint von den in die Vene einströmenden Flüssigkeitsmengen nur ein Teil in der Arterie, während gleichzeitig ein starkes Ödem der durchströmten Organe sich einstellt.

3. Klappenlose Gefäßgebiete, welche mehrere abführende Venen besitzen, von denen nur ein Teil für die Einleitung des rückläufigen Stromes benutzt wird, gestatten prinzipiell ebenfalls eine Umkehr des Blutstroms, indem ein Teil der Flüssigkeit wirklich die Kapillaren und Arterien in retrograder Richtung passiert. Die Hauptmasse jedoch benutzt die viel geringere Widerstände bietenden Anastomosen zu den freigelassenen Venen für den Abfluß. Da die auf diesen beiden Wegen abströmenden Flüssigkeitsmengen den Widerständen der betreffenden Bahnen umgekehrt proportional sein müssen, so fließt, praktisch genommen, die gesamte Flüssigkeit nicht durch die Kapillaren und Arterien, sondern durch die venösen Anastomosen und die freigelassenen Venen zurück.

Mit Rücksicht darauf, daß die vorliegende Arbeit praktisch chirurgischen Erwägungen ihren Ursprung verdankt, sei es mir gestattet, kurz auf die Konsequenzen hinzuweisen, die sich aus meinen Versuchen für die Behandlung der angiosklerotischen Beingangrän nach Wieting ergeben.

In allen den Fällen, wo die für die arterio-venöse Anastomose benutzte V. femoralis suffiziente Klappen besitzt, ist die Umschaltung des Blutstroms zwecklos.

Nun behauptet allerdings Wieting und eine Anzahl anderer Autoren, wovon ich mich jedoch nicht überzeugen konnte, daß der arterielle Blutdruck ausreichend sei, die Klappen zu überwinden. Ferner ist zuzugeben, daß mit zunehmendem Alter, insbesondere auch bei vorhandener Arteriosklerose, die Venenklappen in immer größerer Zahl funktionsunfähig werden. Ich verweise in dieser Hinsicht auf eine Arbeit von Karl Klotz,[12]) welcher an der V. saphena magna von 10 Leichen (7 Erwachsenen verschiedenen Lebensalters, 2 Neugeborenen, 1 achtmonatiger Fötus) nachweisen konnte, daß beim Fötus und Neugeborenen alle vorhandenen Klappen funktionsfähig waren, beim 25jährigen Manne nur etwa 83 % aller Klappen, beim 48jährigen 71 %, beim 54jährigen 60 % und beim 70jährigen gar nur 19 %.

Doch selbst wenn man annehmen will, daß bei den von Wieting angeblich mit bestem Erfolg Operierten alle Venenklappen teils an sich funktionsunfähig gewesen, teils vom andringenden arteriellen Blutstrom überwunden worden seien, so ist nach meinen Untersuchungen doch nicht zu erwarten, daß sich ein die Kapillaren in rückläufiger Richtung passierender Strom herstellen würde. In diesem Falle würde vielmehr das Blut, durch Klappen nicht behindert, in die V. femoralis peripherwärts eindringen, um dann durch die Venenanastomosen ins Gebiet der großen Hautvenen des Beins, vor allem der V. saphena magna, zu

[12]) Karl Klotz, Untersuchungen über die V. saphena magna beim Menschen, besonders rücksichtlich ihrer Klappenverhältnisse. Arch. f. An. (u. Phys.) 1887, pag. 159.

gelangen und auf diesem Wege dem Herzen wieder zuzufließen. Daß zwischen der V. femoralis resp. ihren Ästen und der V. saphena magna beim Menschen Anastomosen von ausreichender Zahl und Größe vorhanden sind, geht ebenfalls aus der zitierten Arbeit von Klotz zur Evidenz hervor.

Es würde sich also, die günstigsten Bedingungen für die Wietingsche Operation vorausgesetzt, doch kein Kapillarstrom in dem von der Gangrän bedrohten Beine herstellen, d. h. eine normale Ernährung der Extremität ist durch diesen Eingriff nicht zu erreichen.

Ich will hier auf die anderen Momente, welche den Erfolg dieser Operation ebenfalls in Frage zu stellen vermögen, das bei rückläufiger Durchströmung immer auftretende starke Ödem und die durch die Stauung und damit verbundene Stromverlangsamung in der Vene vorhandene Neigung zur Thrombenbildung nur kurz hinweisen; genügt doch schon das an erster Stelle Gesagte vollkommen, um die Wietingsche Operation als eine solche zu kennzeichnen, der die physiologischen Voraussetzungen fehlen.

Zum Schluß meiner Arbeit will ich nicht verabsäumen, meinem verehrten Lehrer und Chef, Herrn Geheimrat Professor Dr. Hürthle, für das Interesse und die Förderung, die er meinen Untersuchungen hat angedeihen lassen, meinen allerbesten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 28. Januar 1886 wurde ich, Marcus Rothmann, zu Kletzko, Kreis Gnesen, geboren und bin evangelischer Religion. Meine Schulbildung genoß ich auf dem Königl. Gymnasium zu Wongrowitz und darauf auf dem städtischen Gymnasium zu St. Elisabeth in Breslau, woselbst ich am 11. September 1905 das Zeugnis der Reife erhielt. Ich studierte dann in Breslau Medizin, bestand am 5. März 1908 die Vorprüfung und am 8. Dezember 1910 die ärztliche Staatsprüfung. Als Medizinalpraktikant war ich in Breslau tätig und zwar vom 1. Januar bis 31. Juli 1911 am physiologischen Institut, vom 1. August bis 31. Dezember 1911 an der medizinischen Klinik. Seit dem 1. Januar 1912 bin ich als Assistent für experimentelle Hystologie am physiologischen Institut zu Breslau angestellt.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Übungen folgender Herren Professoren und Dozenten:

Bonhoeffer, Coenen, Czerny, Danielsen, Filehne, Flügge, Goebel, Gottstein, Groenouw, Hannes, Hasse, Herz, Hinsberg, Hürthle, Jensen, Kükenthal, Küstner, Küttner, Ladenburg †, Lenz, Lesser, Ludloff, Lummer, Mann, Minkowski, Müller, Muther †, Neisser, Pfeiffer, Ponfick, Röhmann, Stern †, Strecker, v. Strümpell, Uhthoff, Wetzel, Winkler, Ziegler, Zieler.